

肥効調節型肥料を用いた露地野菜の全量基肥施肥法(2)

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者	日置, 雅之 池田, 彰弘 山田, 良三
巻/号	29号
掲載ページ	p. 121-126
発行年月	1997年10月

肥効調節型肥料を用いた露地野菜の全量基肥施肥法 (第2報)

年内採りブロッコリー

日置雅之*・池田彰弘**・山田良三***・早川岩夫****

摘要：年内採りブロッコリー栽培において、追肥作業の省力化及び施肥効率の向上を目的として、肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥法を検討した。

被覆尿素40日タイプ及び被覆リン硝安カリ40日タイプは、施肥直後から窒素溶出を開始し、頂花蕾が出蕾する前までに窒素成分の約70%、収穫時までに約80%を溶出した。これらを用いた全量基肥施肥区では、速効性肥料を分施した区と比較して収量が多かった。また、全量基肥施肥区では、窒素吸収量が分施区よりも多く、施肥窒素利用率は高まるものと推察された。しかし、窒素を20%減肥すると収量は分施区以下であった。

以上の結果から、溶出の短いタイプの肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥法は、慣行施肥量であればブロッコリーの収量が多く、施肥の省力化とともに環境への負荷軽減が可能であると判断した。

キーワード：ブロッコリー、全量基肥施肥、肥効調節型肥料、窒素溶出、省力化、施肥効率

Studies on a Method of Non-Split Application of Controlled-Release Fertilizer for Open Field Vegetables II

Broccoli Harvested at the Beginning of Winter

Masayuki HIOKI, Akihiro IKEDA, Ryozeu YAMADA and Iwao HAYAKAWA

Abstract: In order to dispense with the labor of topdressing and improve the recovery rate of fertilizer nutrients in broccoli harvested at the beginning of winter, we studied a method of non-split application of controlled-release fertilizer.

Two controlled-release fertilizers of 40 days-type released nitrogen gradually as soon as they were applied. The released rate of nitrogen was about 70 percent by the time of flower bud formation and 80 percent by the harvest stage, respectively. Compared with the method of split application of the rapid available fertilizer, the yield of the broccoli was increased and the nitrogen recovery rate was improved by the method of non-split application of these fertilizer. However, the reduction of 20 percent of the applied nitrogen decreased the yield.

As a result of this experiment, under conditions of practical amounts of nitrogen application, the method of non-split application of the controlled-release fertilizer with a large nitrogen-releasing rate allows us to increase the yield of broccoli, dispense with the labor of topdressing and reduce the nutrient burden on the environment.

Key words : Broccoli, Non-split application of fertilizer, Controlled-release fertilizer, Nitrogen-release, Reduction of labor, Nitrogen recovery rate

緒 言

前報¹⁾では、年内採りハクサイ栽培での肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥について検討した。その結果、肥効調節型肥料のうち溶出タイプの短いものを用いることにより、肥料からの窒素供給とハクサイの生育が合致し、慣行の速効性肥料を分施する施肥法と比較して、追肥労力の省力化ができ、窒素の20%を減肥できる環境保全型施肥法であることが明らかになった。

本報では、この施肥法を他の年内採り秋冬露地野菜へ導入することを試みた。ブロッコリーを含むハナヤサイ類は、露地野菜の中でも養分吸収量が多く²⁾、施肥量は多くなりがちである。更に、ブロッコリーの生産面積及び生産量は全国第一位であり³⁾、その主産地である東三河地域は、腐植含量が低く、陽イオン交換容量(CEC)が小さい土壌が多い。したがって、ブロッコリー生産地域の肥料養分の溶脱量は多いと考えられ、それに対する軽減策が必要である。ブロッコリー栽培でも全量基肥施肥法が導入できれば、ハクサイと同様に施肥窒素利用率の向上とそれに伴う施肥量削減によって環境への負荷軽減が期待できる。

本報では、年内採りブロッコリーを対象に肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥栽培の可能性について検討し、ブロッコリーの窒素吸収と肥料からの窒素供給について若干の知見が得られたので報告する。

材料及び方法

試験は、1993～96年に行った。試験ほ場は、農総試園芸研究所内ほ場(中粗粒灰色台地土、長久手統)で、ほ場の作土の理化学性は第1表に示した。この土壌は、東三河地域に分布する細粒黄色土以上に陽イオン交換容量が小さく、保肥力が小さい。

第1表 試験ほ場の作土の理化学性
(1993年作付け前)

pH	EC	交換性塩基			塩基	Truog-	
(1:2.5)	CEC	CaO	MgO	K ₂ O	飽和度	P ₂ O ₅	
mS/cm	me	mg	mg	mg	%	mg	
6.8	0.09	4.9	111	28	12	114	94

注) 乾土100g当たり

試験区の構成は、第2表に示した。対照の分施肥区では、基肥として粒状配合肥料(N-P₂O₅-K₂O=14-8-14)、追肥として追肥用の粒状配合肥料(N-P₂O₅-K₂O=16-0-16)をそれぞれ用いた。全量基肥施肥区では、肥効調節型肥料として被覆尿素40日タイプ(以下LP40)、被覆リン硝安加里40日タイプ(以下ロング40)及び70日タイプ(以下ロング70)を供試した。全量基肥施肥区のうち、分施肥区と窒素施用量が同じ区を全量基肥標準区とし、分施肥区の窒素施用量の20%を減肥した区を全量基肥減肥区とした。全量基肥標準区では、肥効調節型肥料と硫酸を、それぞれ窒素で10a当たり24.5kg、10.5kg、全量基肥減肥区では19.6kg、8.4kgそれぞれ混合し、全量基肥施用した。なお、リン酸及びカリは、基肥時に10a当たり20kg、35kg施肥した。なお、本試験は、堆肥等の有機物は無施用で実施した。

栽培概要は第3表に示したとおりで、各区2連で行った。収量調査は、頂花蕾の収穫適期に各区平均的な個体10株を採取し、茎葉重及び頂花蕾重を測定した。

更に、採取した茎葉及び頂花蕾を、60℃で2～3日間風乾後、粉碎し、常法⁴⁾により成分(窒素、リン、カリ

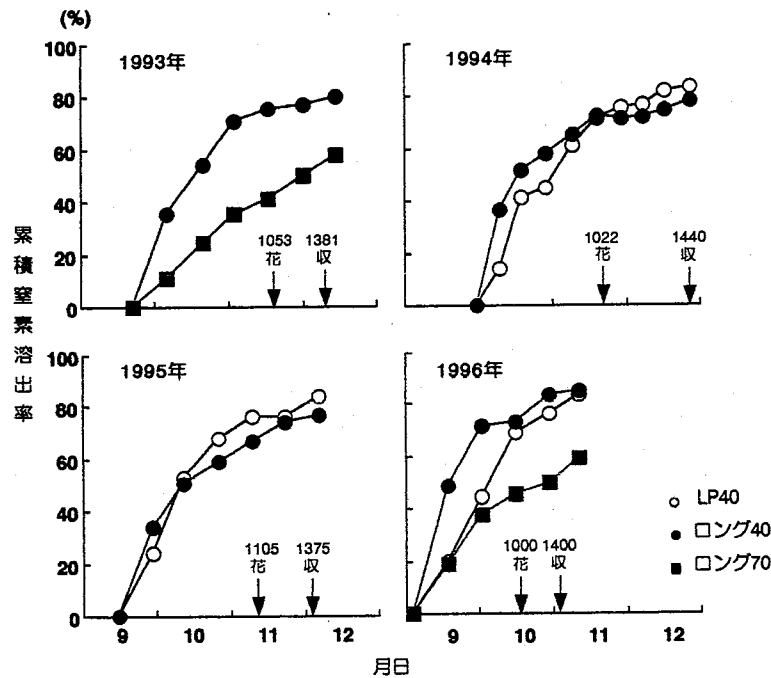
第2表 試験区の構成

試験年次	試験区	窒素施用量(kg/10a)			
		基肥	追肥 I	II	III
1993	分施	15	6.6	6.6	6.7
	ロング40標準	35	0.0	0.0	0.0
	ロング40減肥	28	0.0	0.0	0.0
	ロング70標準	35	0.0	0.0	0.0
1994	分施	15	6.6	6.6	6.7
	LP40標準	35	0.0	0.0	0.0
	ロング40標準	28	0.0	0.0	0.0
	ロング70減肥	35	0.0	0.0	0.0
1995	分施	25	5.0	5.0	
	LP40標準	35	0.0	0.0	
	LP40減肥	28	0.0	0.0	
	ロング40標準	35	0.0	0.0	
	ロング40減肥	28	0.0	0.0	
1995	分施	20	7.5	7.5	
	LP40標準	35	0.0	0.0	
	LP40減肥	28	0.0	0.0	
	ロング40標準	35	0.0	0.0	
	ロング40減肥	28	0.0	0.0	
	ロング70標準	35	0.0	0.0	

第3表 耕種概要

年次	品種	は種 ¹⁾	基肥	定植	栽植密度	追肥 I	追肥 II	追肥 III	収量調査	試験規模
					株/m ²					m ² /区
1993年	緑嶺	8/13	9/21	9/21	4.44	10/5	10/25	11/17	12/7	13.5
1994年	緑嶺	9/3	9/26	9/29	4.44	10/12	10/25	11/23	12/28	13.5
1995年	緑嶺	8/18	9/11	9/12	4.44	10/3	11/9		12/1	11.3
1996年	ハイツ	8/6	9/2	9/4	4.44	9/24	10/18		11/1	13.5

1) セル成型トレイ(72穴)



第1図 肥効調節型肥料からの窒素溶出パターン
 注) 図中矢印上の花、収は、それぞれ花蕾形成期、収穫期を、数字は施肥日からの積算地温(深さ10cm)を表す。

ウム、マグネシウム、カルシウム) 含量を測定した。

1996年には、窒素吸収パターンを調査するため、2回の追肥時期に各区平均的な個体5株を採取し、上記の方法で成分含量を測定した。

また、前報と同様に、供試した肥効調節型肥料からの累積窒素溶出率をほ場埋設法によって経時的に測定した。

試験結果

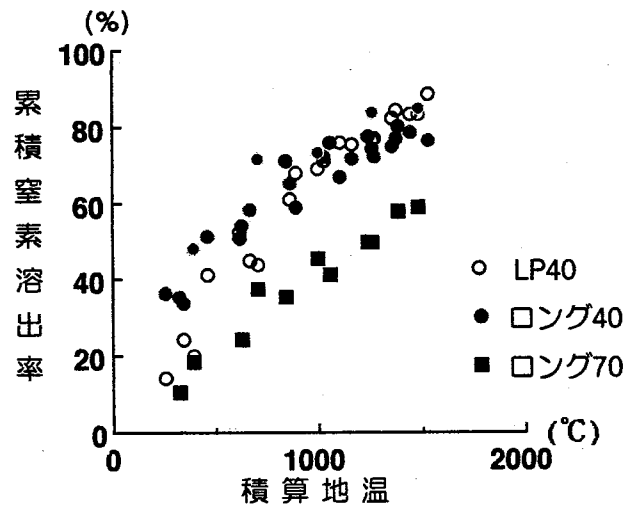
1 肥効調節型肥料からの窒素溶出

第1図に4か年の肥効調節型肥料からの窒素溶出パターンを示した。LP40及びロング40からの窒素溶出は、施肥直後から始まり、頂花蕾が出蕾する前の時期(以下花蕾形成期という)までにそれぞれ約69~76%、67~76%溶出した。収穫時の累積溶出率はそれぞれ約83~89%、76~85%であった。一方、ロング70では、上の2つの肥料とは異なり、施肥直後から窒素の溶出は少なく、累積溶出率は花蕾形成期で約41~46%、収穫時で約58~59%であった。

第2図に、4か年を通じた試験期間の肥料からの累積溶出率と積算地温との関係について示した。どの肥料も、積算地温が増加するにともなって累積溶出率は高くなった。各肥料を比較すると、初期(積算地温200~300°C)の溶出は、ロング40が最も多く、LP40はロング70とほぼ同程度であった。その後、LP40の溶出が増加し、80%溶出するのにLP40、ロング40では約1300~1400°C必要であった。一方、ロング70では、この積算地温では約60%しか溶出せず、80%溶出するには更に日数(温度)が必要であった。

2 ブロッコリーの生育・収量

第3図に収穫時における茎葉重、第4図に頂花蕾の新

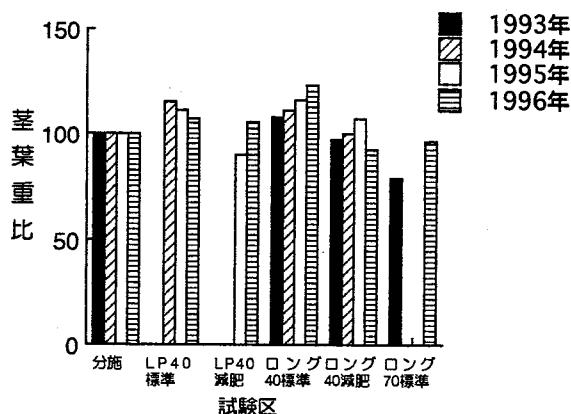


第2図 肥効調節型肥料からの窒素溶出と積算地温(深さ10cm)の関係

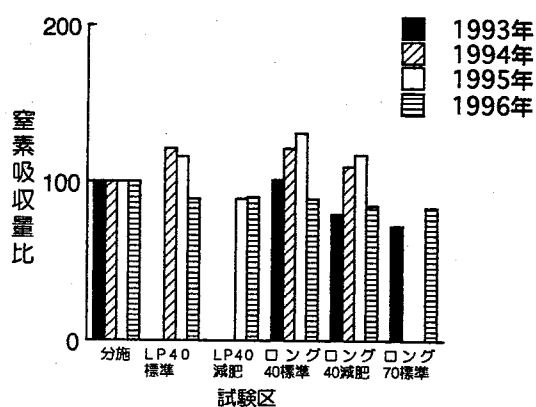
鮮重及び乾物重を示した。4か年の生育・収量を分施肥区と比較すると、茎葉重は1995年が最も重く、1996年で最も軽かった。頂花蕾重は、295~410gと年次による変動が大きく、1993年、1995年で重く、1994年、1996年で軽かった。なお、1994年は定植直後の台風による活着不良が、1996年は中耕を行わなかったことによる根の発達不良が認められた。

試験区毎に比較すると、分施肥区と施肥量が同じ全量基肥標準区では、ロング40区及びLP40区が茎葉重で8~23%、7~15%重く、頂花蕾重では分施肥区と同等かやや重かった。一方、ロング70区では年次差が大きいが、茎葉重で4~21%、頂花蕾重で9~21%軽かった。

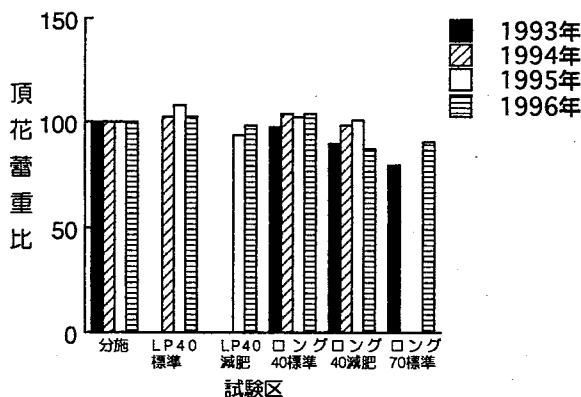
更に、全量基肥減肥区についてみると、茎葉重は分施肥区と比較して一定の傾向は認められなかった。頂花蕾重



第3図 収穫時における茎葉重比
注) 分施肥区の茎葉重 (kg/株) :
1993年 1.13、1994年 1.06
1995年 1.23、1996年 0.71



第5図 収穫時における作物体窒素吸収量比
注) 分施肥区の窒素吸収量 (g/株) :
1993年 6.50、1994年 6.28
1995年 7.38、1996年 4.81



第4図 収穫時における頂花蕾重比
注) 分施肥区の頂花蕾重 (g/株) :
1993年 410、1994年 295
1995年 342、1996年 303

第4表 作物体乾物重の推移 (1996年)

試験区	活着期	花 蕾		収穫期		合計
		形成期	茎葉	頂花蕾	合計	
分施	g/株	g/株	g/株	g/株	g/株	
分施	5.5	44.9	69.2	27.6	96.8	
LP40標準	4.9	53.6	69.2	27.6	96.8	
ロング40標準	6.9	58.7	70.3	26.4	96.7	
ロング70標準	5.1	51.8	63.5	25.9	89.4	

は同等かやや軽かった。

第4表に1996年の作物体乾物重の推移を示した。乾物重は、定植後苗が活着した時期（以下活着期）以降急激に増加した。花蕾形成期以降の増加は、頂花蕾重が大部分であったが、茎葉重も増加し続けた。

3 ブロッコリーの養分吸収

第5図に収穫時における作物体窒素吸収量を示した。4か年の窒素吸収量を分施肥区と比較すると、1995年が最も多く、1996年が最も少なかった。

試験区毎に見ると、1993～1995年はロング40標準区で、1996年は分施肥区で最も多く、ロング70区は、試験区のうちで最も少なかった。LP40減肥区及びロング40減肥区では、1996年を除く3か年は同標準区よりも窒素吸収量は10～20%減少した。

第5表 作物体窒素吸収量の推移 (1996年)

試験区	活着期	花 蕾		収穫期		合計
		形成期	茎葉	頂花蕾	合計	
分施	g/株	g/株	g/株	g/株	g/株	
分施	0.31	2.72	3.18	1.64	4.82	
LP40標準	0.30	3.45	2.60	1.67	4.27	
ロング40標準	0.40	3.98	2.68	1.62	4.30	
ロング70標準	0.31	3.13	2.58	1.48	4.06	

注) 現物当たり

第5表に1996年の作物体窒素吸収量の推移を示した。窒素吸収量は、活着期から花蕾形成期までは急激に増加した。その後、花蕾が肥大するにしたがって、分施肥区では花蕾の窒素保有量が増加するとともに茎葉の窒素保有量も増加した。しかし、全量基肥施肥区では、花蕾の窒素保有量は増加したが、茎葉中の窒素保有量は花蕾形成期の窒素吸収量と比較して減少した。

第6図に収穫時における作物体カリウム吸収量を示した。カリウム吸収量は、窒素と比較して多かった。4か年の分施肥区のカリウム吸収量は、1995年が最も多く、1996年が最も少なくなり、窒素と同様の傾向が認められた。

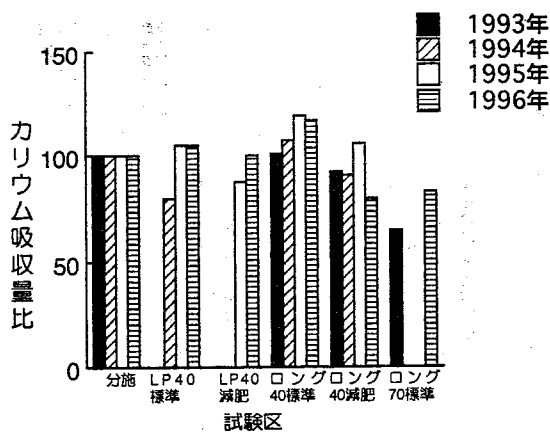
試験区毎に見ると、4か年ともロング40標準区が最も多かった。他の全量基肥施肥区では、分施肥区と同等かそれ以下であった。

第6表に1996年の作物体カリウム吸収量の推移を示した。カリウム吸収量は、活着期以降急激に増加しはじめ、花蕾形成期以降も乾物重の推移と同様に花蕾と共に茎葉のカリウム保有量も増加し続けた。

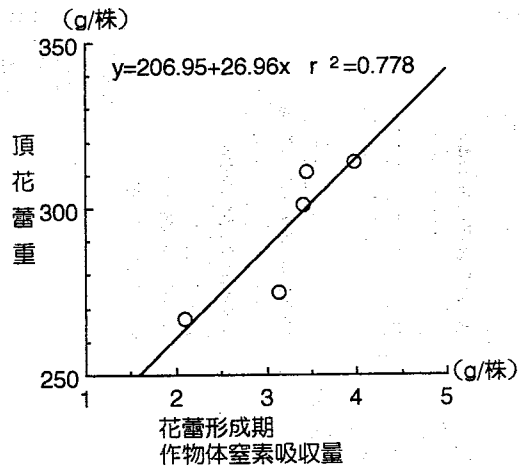
なお、リン、マグネシウム、カルシウムの吸収量は試験区による一定の傾向は認められなかった。

考 察

肥効調節型肥料を用いた全量基肥施肥法を導入する場合、肥効調節型肥料からの窒素供給パターンと作物の窒素吸収パターンが合致することが重要である。しかし、



第6図 収穫時における作物体カリウム吸収量比
 注) 分施肥区のカリウム吸収量 (g/株) :
 1993年 6.49、1994年 6.36
 1995年 8.95、1996年 6.17



第7図 花蕾形成期作物体窒素吸収量と頂花蕾重との関係 (1996年)

第6表 作物体カリウム吸収量の推移 (1996年)

試験区	活着期	花蕾		収穫期		
		形成期	茎葉	頂花蕾	合計	
	g/株	g/株	g/株	g/株	g/株	g/株
分施	0.27	2.62	4.43	1.46	5.89	
LP40標準	0.22	3.17	4.63	1.53	6.16	
ロング40標準	0.37	3.43	5.46	1.44	6.90	
ロング70標準	0.22	3.10	3.50	1.39	4.89	

注) 現物当たり

この肥料は成分溶出が温度依存性である³⁾という特徴をもっているため、地温の高い生育初期の窒素過多と、地温が低くなる生育後期の窒素不足が懸念される。

作物の窒素吸収パターンについてみると、前報のハクサイのような結球型野菜は、生育が進むにつれて窒素吸収量が累積的に増加する連続吸収型に分類される⁸⁾。それに対して、ブロッコリーは、スイートコーンのような栄養生長から生殖生長へ完全に移行する完全転換型に分類される。この完全転換型の作物の施肥については、その生育特性から基肥を重点的に施すのが良いとされている。

本報の結果、作物体の窒素吸収量は活着期から花蕾形成期にかけて急激に増加し、花蕾が肥大する期間は増加量は少なかった。したがって、年内採りブロッコリーの窒素吸収のピークは、活着期から花蕾形成期の間にあるといえる。また、全量基肥施肥区の花蕾形成期における窒素吸収量と頂花蕾重との関係を見ると、この2つの間には正の相関が認められた(第7図)。これらのことから、収量を増加させるためには、花蕾形成期までの窒素供給が重要であり、年内採りブロッコリーの全量基肥施肥用肥料としては花蕾形成期までに窒素の溶出が多いものが好ましい。

そこで、供試した肥効調節型肥料の花蕾形成期までの累積窒素溶出率を比較すると、LP40及びロング40は約70%、ロング70%で約45%であった。したがって、年内採りブロッコリーの全量基肥施肥用肥料として、LP40及び

ロング40は適しているが、ロング70は窒素溶出量が少なく不適であると推察された。

一方で、ブロッコリーを含むハナヤサイ類では、花蕾形成期に窒素の供給を止めると、茎葉から花蕾へ窒素が転流するが花蕾の十分な発育は望めず、花蕾肥大時期に花蕾の発育に十分な養分供給が必要であるという報告もある⁹⁾。本報の全量基肥施肥区では、花蕾形成期の窒素吸収量よりも収穫期の茎葉の窒素保有量が少ないことから、花蕾肥大時期に茎葉から花蕾への窒素の転流しているものと思われる、花蕾肥大時期の肥料からの窒素供給不足が懸念された。しかし、LP40及びロング40区に関しては、分施肥と同じ施肥量では頂花蕾重が重く、花蕾の発育不良が認められなかったため、花蕾へは発育に十分な窒素量が供給されるものと推察された。

また、本報において、定植時期が1か月以上差があるにも関わらず、定植からの積算地温は花蕾形成期までは約1000~1100℃、収穫期までは約1350~1450℃とはほぼ一定の範囲にあった。肥料成分の溶出が温度に依存する肥効調節型肥料では、ある生育ステージに達するまでの温度が一定であれば、生育ステージ毎の窒素の供給量が一定となる。したがって、LP40及びロング40は、通常の定植期間で年内採りブロッコリーの生育ステージに合わせて窒素の供給が可能であるため、この点でも全量基肥施肥用肥料として有効であると考えられる。

年内採りハクサイの場合、全量基肥施肥区において窒素を20%減肥した場合、収量は分施肥区と同等かそれ以上であった。しかし、年内採りブロッコリーでは、LP40区及びロング40区で窒素を20%減肥した結果、収量は分施肥区と同等か約10%減少した。これは、先に述べたように標準施肥量である全量基肥施肥区においても花蕾肥大期の肥料からの窒素供給量が少なく、茎葉からの窒素転流に依存していることから推察すると、花蕾肥大期の肥料からの窒素供給量が更に少ない全量基肥減肥区では、茎葉からの転流に依存する割合が一層増すものと思われる、花蕾の発育が不安定になったと考えられる。したがって、窒素20%減肥は収量性の面で難しく、減肥量については今後更に検討する必要がある。

前報の年内採りハクサイと同様に、年内採りブロッコリーにおいてもカリウム吸収量は窒素吸収量よりも多かった。ブロッコリーでも、ハクサイ同様生育後期までカリウムの吸収が多いことが知られている²⁾。本報においても、カリウムの吸収は花蕾形成期以降も旺盛で、花蕾と共に茎葉のカリウム保有量も増加し続け、窒素の吸収パターンとは明らかに異なっていた。

そこで、本報ではカリの肥効も緩やかなロング40及びロング70を試験に供試した。その結果、ロング40標準区では、分施肥区以上のカリウムを吸収したが、ロング40減施肥区、ロング70区ではカリウム吸収量は分施肥区と同等かそれ以下であった。したがって、ロング40は、標準施肥量では年内採りブロッコリーのカリウム要求量に足るカリの供給量があったが、ロング40の施肥量を減らした場合や溶出の少ないロング70では、カリの供給量が不足したと考えられる。また、LP40区におけるカリウム吸収量は、分施肥区と同等かそれ以下であった。本報ではカリウム欠乏症は起こらなかったが、カリウム含量が少ない土壌ではカリ肥料の緩効度について更に検討する必要がある。

全量基肥施肥法は、施肥窒素の利用効率が高く環境保全的な施肥法であるといわれている。これは、肥効調節型肥料が作物の窒素吸収に過不足なく窒素を供給するためであるが、既にイチジク³⁾、にんじん⁷⁾等では、施肥窒素利用率が高くなり溶脱水中の硝酸態窒素の量が減少した例が報告されている。

前報では、全量基肥施肥法によって年内採りハクサイの窒素吸収量が増加し、計算上施肥窒素利用率が向上した。本報では、1996年を除く3か年では、ロング40標準区及びLP40標準区の窒素吸収量は分施肥区と比較して多かった。本研究では無肥料区を設定しなかったが、上の結果から同一施肥量での施肥窒素利用率は全量基肥施肥区の方が高くなると推察され、窒素の溶脱量が減少するものと思われる。更に、年内採りハクサイでは、窒素の20%減肥によって施肥窒素の利用率が高まった。しかし、年内採りブロッコリーでは、窒素施用量を減らすと窒素吸収量が減少するため、減肥による施肥窒素利用率の向

上効果は年内採りハクサイほど期待できないと推察された。

以上の結果から、年内採りブロッコリー栽培の全量基肥施肥法では、LP40及びロング40のような溶出の短いタイプの肥料を用いることによって、追肥作業が省力化され、慣行の分施肥以上の収量が得られた。更に、全量基肥施肥法では、年内採りブロッコリーの窒素吸収量が多くなり、施肥窒素利用率が高くなるものと思われ、農耕地外への窒素溶脱量が減少し環境への負荷軽減が可能であると判断した。しかし、窒素の20%減肥は収量が不安定であり、窒素の減肥量については更に検討をする必要があると考えられた。

引用文献

1. 愛知県農業水産部. 農業水産統計便覧. 21p. (1997)
2. 藤目幸廣. "ブロッコリー". 農業技術体系・野菜編 6. 東京, 農文協, 4-33(1985)
3. 藤田利夫. 被覆肥料に関する開発, 肥料の現状と将来21世紀をめざす肥料に関するシンポジウム講演要旨集(1988)
4. 日置雅之, 池田彰弘, 山田良三, 早川岩夫. 肥効調節型肥料を用いた露地野菜の全量基肥施肥法(第1報) 年内採りハクサイ. 愛知農総試研報. 28, 141-147 (1996)
5. 池田彰弘, 井戸 豊. 被服尿素を利用したイチジク of 全量基肥施肥法. 愛知農総試研報. 26, 281-286 (1994)
6. 岩田正利, 歌田明子. 窒素供給期間の差異が数種野菜の生育・収量に及ぼす影響. 園学雑. 37, 57-66 (1968)
7. 北島敏和. 黒ボク土壌における「にんじん」の効率的施肥. 岐阜農総研報, 4, 1-35(1991)
8. 作物分析法委員会編. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 東京, 養賢堂, 545p. (1975)
9. 相馬 暁. "野菜のタイプと施肥". 農業技術体系・土壌施肥編 6. 東京, 農文協, 69-77(1985)